4M

УДК: 004.382.73; 004.386; 004.89

И.Н. Молчанов[1], А.Н. Химич[1], В.И. Мова[2], А.А. Николайчук[2]
[1]Институт кибернетики им. В.М. Глушкова НАНУ, г. Киев
Украина, 03680, г. Киев-187, пр-т Академіка Глушкова 40
[2]Государственное научно-производственное предприятие «Электронмаш»
Украина, 03180, г. Киев, Кольцевая дорога, 4

Гетерогенная интеллектуальная рабочая станция Инпарком для решения научно-технических задач

I.N. Molchanov[1], A.N. Khimich[1], V.I. Mova[2], A.A. Nikolajchuk[2]
[1]V.M. Glushkov Institute of Cybernetics NAS of Ukraine, c. Kyiv
Ukraine, 03680, c. Kyiv-187, Glushcova ave., 40
[2]State Research and Development Enterprise "Electronmash", c. Kyiv
Ukraine, 03180, c. Kyiv, Kilceva road, 4

Heterogeneous intelligent Inparcom workstation for the solving of scientific and engineering problems

І.М. Молчанов[1], О.М. Хімич[1], В.І. Мова[2], О.О. Ніколайчук[2]
[1]Інститут кібернетики ім В.М. Глушкова НАНУ, м Київ
Україна, 03680, м. Київ-187, пр-т Академіка Глушкова 40
[2]Державне науково-виробниче підприємство «Електронмаш»
Україна, 03080, м. Київ, Кільцева дорога, 4

Гетерогенна інтелектуальна робоча станція Інпарком для розв'язання науково-технічних задач

В статье изложены результаты создания гетерогенной параллельной рабочей станции, которая является средством автоматического исследования свойств решаемых задач и создания программ параллельных вычислений, а также получения компьютерных решений с оценкой их достоверности.
Ключевые слова: гетерогенная интеллектуальная рабочая станция; интеллектуальный компьютер, интеллектуальное программное обеспечение, достоверность компьютерных решений.

Results of the creation of heterogeneous parallel workstation are given which is a tool both for the automatic investigation of characteristics of problems being solved and for the creation of programs for parallel computations of computer solutions together with their reliability estimation.
Key words: heterogeneous intelligent workstation, intelligent computer, intelligent software, reliability of computer solutions.

У статті викладено результати створення гетерогенної паралельної робочої станції, яка є засобом автоматичного дослідження властивостей задач, які розв'язуються, і створення програм паралельних обчислень, а також отримання комп'ютерних розв'язків з оцінкою їх достовірності.
Ключові слова: гетерогенна інтелектуальна робоча станція, інтелектуальний комп'ютер, інтелектуальне програмне забезпечення, достовірність комп'ютерних розв'язків.

Вычислительная техника является основой научно-технического прогресса, и требования к росту производительности компьютеров непрерывно растут. В настоящее время оно удовлетворяется за счет распараллеливания вычислений. Постановка на компьютере новых задач инженерии и науки требует значительного времени и предварительных исследований (постановка прикладной задачи, создание физических,

математических и дискретных моделей и их исследования, разработка алгоритмов, вычислительных схем, программ решения и отладки программ и т.д.). Так для разработки программ решения задач средней сложности требуется 2 – 3 года, а для сложных задач до 5 лет. Автоматизация процесса исследования задач и создания программ параллельных вычислений позволяет существенно сократить сроки создания необходимых программных средств.

В некоторых случаях при решении задач инженерии и науки компьютеры выдают решение, не имеющееся физического смысла. Это выясняется в ходе сопоставления данных численного и натурных экспериментов. Это может происходить из-за ряда причин, в том числе из-за погрешности в задании исходных данных, которые имеют место при решении прикладных задач, из-за погрешности вычисления и отличия аксиоматики машинной математики от аксиоматики математики [1-3]. Поэтому получение компьютерных решений с гарантией их достоверности является важнейшим требованием к современным компьютерам.

Требование автоматизации исследованний при постановке задач науки и инженерии, автоматического создания алгоритмов и программ параллельных вычислений и гарантии достоверности компьютерных решений реализованы в созданных Институтом кибернетики им. В.М. Глушкова НАНУ и ГНПП «Электронмаш» интеллектуальных параллельных рабочих станций Инпарком, занимающих промежуточную нишу между персональными и суперкомпьютерами.

Инпарком − семейство интеллектуальных параллельных рабочих станций для исследования и достоверного решения научно-технических задач с приближенно заданными исходными данными, для моделирования в реальном времени сложных процессов разной природы, для виртуального проектирования объектов современной техники и строительства, для создания тренажеров обучения работе персонала управлению объектами современной техники.

Интеллектуальный компьютер – это знаниеориентированный компьютер, который в ходе решения инженерных и научных задач получает знания о свойствах компьютерной модели задачи и в соответствие с этими свойствами автоматически строит алгоритм решения, формирует топологию из процессоров MIMD-компьютера и создает код параллельных вычислений, по окончанию процесса вычислений оценивает достоверность полученных результатов [4-13]. Интеллектуальная рабочая станция Инпарком включает хост-систему и вычислительный блок.

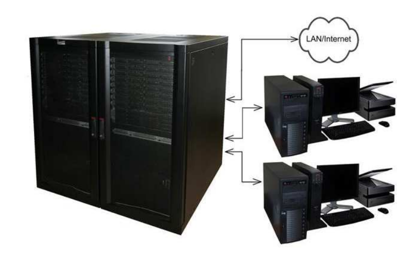


Рисунок 1

Хост-система осуществляет:

– управление использованием многопроцессорного вычислительного ресурса;

– общесистемный мониторинг;

– общение с терминальными сетями пользователей;

– визуализацию результатов решения задач;

– реализацию той части процесса вычислений и обработки данных, которая не распараллеливается (плохо распараллеливается).

Вычислительный блок осуществляет решение задачи с параллельной организацией вычислений, является однородной масштабированной структурой, которая складывается из множества высокопродуктивных процессоров (с собственной оперативной и дисковой памятью), объединенных коммуникационной средой межпроцессорного взаимодействия.

Опытный образец, разработка которого профинансирована Государственным агентством по вопросам науки, инноваций и информатизации Украины, имеет следующие технические характеристики:

– 4 вычислительные узлы (2 процессоры Xeon 5606 (2.13ГГц), 2 графических процессора Tesla M2090, 24Гб оперативной памяти, 2 дисковых накопители по 1Тб), пиковая теоретическая производительность 1.33 Tflops на узел, общая теоретическая производительность 5.32 Tflops;

– дисковое хранилище (4 дисковых накопители по 2Тб с возможностью расширения до 16 шт., RAID 0,5,6,50,60,10);

– коммуникационная среда InfiniBand 40Гбит / с (с поддержкой GPUDirect), Gigabit Ethernet;

– система бесперебойного питания.

Программное обеспечения предусматривает три уровня:

– операционная среда, поддерживающая интеллектуальное программное обеспечение;

– интеллектуальное численное программное обеспечение для исследования и решения задач вычислительной математики с приближенно заданными исходными данными;

– интеллектуальное прикладное программное обеспечение, например, для исследования и решения задач прочности конструкций.

В основу операционной среды интеллектуального компьютера положены бесплатные стандартные решения (GNU/Linux). Однако пользователь имеет возможность выбора одного из трех вариантов предустановленной операционной системы: Linux, Windows или Linux +Windows. В последнем варианте операционная среда хоста по желанию пользователя выполняет автоматическое переключение между Linux и Windows путем перезагрузки узлов. Предустановленная версия Linux на основе CentOS оптимизирована под архитектуру Inparcom.

Ядро параллельного компьютера – система передачи сообщений реализует стандарт MPI. В Linux установлены MVAPICH, оптимизированный под Infiniband, и LAM MPI, в Windows − MPICH. Для поддержки максимального числа приложений сторонних разработчиков настроена и другая распространенная система передачи сообщений – PVM (параллельная виртуальная машина).

Бесплатный компилятор GCC в составе Linux поддерживает Си, С++, ФОРТРАН и несколько других языков программирования. Операционная среда включает Интерсервер Apach с поддержкой приложений на языке PHP, СУБД MySQL стандартные математические библиотеки (в. т.ч. ScaLAPACK), тесты (Linpack, Scali), распределенную файловую систему.

Операционная среда обеспечивает:

– формирование задания и запуск параллельной задачи на выбранных вычислительных узлах;

– мониторинг интеллектуального компьютера и выполнения заданий;
– сохранение и визуализацию протоколов параллельных расчетов;
– запуск приложения (исполняемого кода программы) на хост-компьютере;
– работу через локальную сеть и/или Internet (удаленный доступ);
– разработку параллельных программ;
– администрирование доступных пользователю частей распределенной файловой системы.

Программная реализация интеллектуального программного обеспечения осуществлялась на основе концепции знаний. Апробация интеллектуального программного обеспечения осуществлялась в рамках проекта ISPAR [14] и ISKON [15] для Немецкого центра по авиакосмическим полетам DLR и получила высокую оценку немецких специалистов. Разработка интеллектуального программного обеспечения основана на синтезе основных достижений в области модульного программирования, баз данных, баз знаний и опирается на развитые методы работы со знаниями: их представлением, хранением, обработкой, получением новых знаний и т.д. На основе знаний о предметной области по каждому классу задач, о модели пользователя и модели общения, а также знаний о машинной модели задачи и погрешности в задании исходных данных интеллектуальное программное обеспечение вырабатывает знания о свойствах машинной модели задачи, принимает решение об оптимальном количестве процессоров и эффективной топологии компьютера. С учетом этой информации автоматически выбирается алгоритм решения и синтезируется программа, реализующая алгоритм. Решение задачи осуществляется с анализом получаемых компьютерных результатов.

Составные части интеллектуального программного средства по каждому классу: диалоговая система, библиотека функциональных модулей, планирующий/ управляющий блок, блок объяснений.

С помощью диалоговой системы осуществляется взаимодействие с пользователем, а именно: постановка задачи в языке предметной области, процесс решения задачи, просмотр-анализ результатов решения, обучение пользователя работе с программным средством, предоставление пользователю всей необходимой информации, доступ к глоссарию терминов по каждому классу задач, оказание помощи пользователю на каждом этапе работы.

Функциональные модули реализуют логически законченные части алгоритмов решения задач, и процедуры, осуществляющие обмен информацией и данными между процессорами;

Главная задача планирующего/ управляющего блока есть нахождение наиболее оптимального пути решения поставленной задачи при использовании информации от пользователя и соответствующих функциональных модулей.

В блоке объяснений накапливается информация о задаче в ходе вычислительного процесса для последующей выдачи ее пользователю. В случае отказа в решении пользователь получает подробное объяснение его причин и рекомендации по дальнейшим действиям пользователя.

Семейство интеллектуальных рабочих станций Инпарком оснащено: комплексом интеллектуальных программ, позволяющих на языке предметной области сформировать задачу, автоматически исследовать свойства машинной модели задачи, определить необходимое количество процессоров, построить алгоритм решения, сформировать конфигурацию компьютера, синтезировать программу параллельных вычислений, решить задачу, оценить достоверность решения и визуализировать результаты на языке предметной области.

Основным преимуществом интеллектуального параллельного компьютера являются: освобождение пользователей от работы по исследованию задач, созданию параллельных алгоритмов и программ, что сокращает время постановки и решения задач науки и инженерии.

Использование графических процессоров для решения научно-технических задач позволяет существенно уменьшить время решения задач, обеспечить уменьшение стоимости компьютера и наилучшее соотношение времени решения задачи к его стоимости, за счет использования графических процессоров уменьшить количество процессоров компьютера, не уменьшая его производительность, обеспечить относительно невысокое энергопотребление.

Таким образом, отличие интеллектуальных компьютеров от традиционных компьютеров состоит в следующем:

– автоматическое исследование свойств решаемых задач вычислительной математики;

– на основе этих исследований автоматическое создание алгоритмов и программ параллельных вычислений;

– выбор необходимого для эффективного решения задач числа процессоров и создание необходимой топологии из процессоров интеллектуального компьютера;

– решение задач с приближенно заданными исходными данными;

– оценка достоверности полученных компьютерных результатов.

Преимущество интеллектуальных параллельных компьютеров:

– постановка задачи пользователя в компьютере на языке предметной области с приближенно заданными исходными данными;

– освобождение пользователя от работы по исследованию задачи, созданию алгоритмов, написания и отладки параллельных программ, что сокращает время постановки и решения задач науки и инженерии не менее чем в 100 раз;

– исследование и решения задач инженерии и науки с приближенно заданными исходными данными;

– получение машинного решения с оценкой его достоверности, а также по желанию все свойства решаемой машинной модели задачи с приближенно заданными исходными данными;

– существенное сокращение времени машинного исследования и решения научно-технических задач по сравнению с традиционной технологией решения той же задачи на MIMD-компьютере с тем же числом процессоров и той же элементной базой, но с традиционной параллельной архитектурой.

Области использования интеллектуальных параллельных компьютеров:

– численное моделирование сложных процессов, явлений, объектов и систем для организации на этой основе натурных экспериментов;

– создание тренажеров управления сложными объектами современной техники, в том числе АЭС;

– решение сложных научно-технических задач с приближенно заданными исходными данными;

– подготовка параллельных программ для суперкомпьютеров.

Литература

1. Wilkinson J.H. Rounding Errors in Algebraic Processes / J.H. Wilkinson // Notes of Appl. Science. – London : Her Majesty's Stationary Office. – 1963. – № 32. – 162 p.
2. Воеводин В.В. Ошибки округления и устойчивость прямых методов линейной алгебры / Воеводин В.В. – М. : Изд-во Московск. ун-та, 1969. – 154 с.

3. Molchanov I.N. Performance evaluation of linear algebra software / I.N. Molchanov // Perform. Evaluat. of Numer. Software. – N. – Holland Publ. Comp.: Amsterdam, New York, Oxford. – 1979.
4. Молчанов И.Н. Intelligent computers – an effective means for the investigation and solution of scientific and technical problems / И.Н. Молчанов, А.Н. Химич, Т.В. Чистякова // Праці Міжн. Симпоз.з історії створ. Перших ЕОМ та внеску європейців в розвиток комп. Технологій. Комп. у Європі. – Київ, 1998. – С.388-393.
5. Молчанов И.Н. Интеллектуальные компьютеры-компьютеры XXI века / И.Н. Молчанов // Матеріали Міжнар. Наук. Конфер. присвяч. 100-річчю з дня народж. акад. С.О. Лебедєва. – Київ, 2002. – С. 94-100.
6. Молчанов И.Н. Интеллектуальные компьютеры – средство исследования и решения научно технических задач / И.Н. Молчанов // Кибернетика и системный анализ. – 2004. – № 1. – С. 175-179.
7. Молчанов И.Н. Интеллектуальные компьютеры для исследования и решения научно-технических задач – новое направление в развитии вычислительной техники / И.Н. Молчанов, В.И. Мова, В.А. Стрюченко // Зв'язок. – №7. – 2005. – С. 45-46.
8. Молчанов И.Н. Интеллектуальные MIMD-компьютеры Инпарком – база для организации численных экспериментов в инженерии и науке / И.Н. Молчанов, В.И. Мова, В.А. Стрюченко // Науч.-техн. журнал «Технологические системы». – 2007. – № 4 (40) – С. 12-15.
9. Численное программное обеспечение интеллектуального MIMD-компьютера Инпарком / Химич А.Н., Молчанов И.Н. Мова В.И. и др. – Киев : Наукова думка, 2007. – 221 с.
10. Параллельные алгоритмы решения задач вычислительной математики / [А.Н. Химич, И.Н. Молчанов, А.В. Попов и др.]. – Киев : Наукова думка, 2008. – 247 с.
11. Молчанов И.Н. Интеллектуальные компьютеры Инпарком для исследования и решения задач инженерии и науки / И.Н. Молчанов, В.И. Мова, В.А. Стрюченко // Праці міжнародної наукової конференції «Розвиток інформаційно-комунікайних технологій та суспільства в Україні». – Ганновер, Німеччина : CeBiT, 2007. – С. – 35-142.
12. Молчанов И.Н., Перевозчикова О.Л., Химич А. Н.. Опыт разработки семейства кластерных комплексов Инпарком // Кибернетика и системный анализ.–2009. – № 6. – С. 88-96.
13. Молчанов И.Н. Знаниеориентированные интеллектуальные рабочие станции Инпарком / И.Н. Молчанов, В.И. Мова, В.А. Стрюченко // Искусственный интеллект. – 2009. – № 1.– С. 94-98.
14. ISPAR – «Intelligente Umgebung zur Untersuchung und Loesung wissenschaftlich-technischer Aufgaben auf Parallelrechnern» – 1996 – 1998, (регистрационный номер в Федеральном Министерстве образования, науки, исследований и технологии Германии − ISPAR 01 IR 601/8).
15. ISKON – «Intelligente Software zur Untersuchung und Loesung von Aufgaben zur Analyse der Festigkeit von Konstruktionen» – 1999 – 2002, (регистрационный номер в Федеральном Министерстве образования, науки, исследований и технологии Германии − ISKON 01 IR 905/3).

Literatura

1. Wilkinson J.H. Rounding Errors in Algebraic Processes // Notes of Appl. Science. London: Her Majesty's Stationary Office. –1963. – N 32. – 162 p.
2. Voevodin V.V. Oshibki okrugleniya i ustojchivost pryamykh metodov lineynoy algebry. − M.: Izd-vo Moskovsk. unн-ta, 1969. − 154 s.
3. Molchanov I.N. Performance evaluation of linear algebra software // Perform. Evaluat. of Numer. Software. – N. – Holland Publ. Comp.: Amsterdam, New York, Oxford. – 1979.
4. Molchanov I.N., Khimich A.N., Chistyakova T.V. Intelligent computers - an effective means for the investigation and solution of scientific and technical problems //Pratsi Mizhn. Cimpoz. z istoriyi stvor. Pershikh EOM ta vnesku evropeytsiv v rozvytok komp. Tekhnologiy u Evropi. – Kyiv. – 1998. – S. 388-393.
5. Molchanov I.N. Intellektual'nye komp'yutery – komp'yutery XXI veka // Materialy Mizhnar. Nauk. Konfer. prysvyach. 100-richchyu z dnya narodzh. akad. S.O. Lebedeva. – Ukraiyna. Kyiv: 2002. – S. 94-100.
6. Molchanov I.N. Intellektual'nye komp'yutery – sredstvo issledovaniya i resheniya nauchno-tekhnicheskikh zadach // Kibernetika i sistemnyiy analiz. – 2004. – № 1. – S. 175-179.
7. Molchanov I.N., Mova V.I., Struchenko V.A. Intellektual'nye komp'yutery dlya issledovaniya i resheniya nauchno-tekhnicheskikh zadach – novoe napravlenie v razvitii vychislitel'noy tekhniki // Zv'yazok. –№7. – 2005. – S. 45-46.
8. Molchanov I.N., Mova V.I., Struchenko V.A. Intellektual'nye MIMD- komp'yutery Inparkom – basa dlya organizatsii chislennykh eksperimentov v inzhenerii i nauke// Nauch.-tekh. zhurnal «Tekhnologicheskie sistemy» 4(40) 2007. – S. 12-15.
9. Chislennoe programmnoe obespechenie intellektual'nogo MIMD-komp'yutera Inparkom. / Khimich A.N., Molchanov I.N., Mova V.I. i dr. – Kyiv: Naukova dumka. – 2007, 221 s.

10. Khimich A.N., Molchanov I.N., Popov A.V., Chityakova T.V., Yakovlev M.F. Paralel'nye algoritme resheniya zadach vychislitel'noy matematiki. – Kyiv: Naukova dumka. – 2008, 247 s.
11. Molchanov I.N., Mova V.I., Struchenko V.A. Intellektual'nye komp'yutera Inparkom dlya issledovaniya i resheniya zadach inzhenerii i nauki // Pratsi Mizhn. Naukovoiy konferentsii "Rozvytok informatsiyno – komunikatsynykh tekhnologiy ta syspil'stva v Ukraini" m. Gannover, Nimechchina, CeBiT – 2007, S. – 35-142.
12. Molchanov I.N., Perevozchikova O.L.., Khimich A.N. Opyt razrabotki semeiystva klasternykh kompleksov komp'yutera Inparkom // Kibernetika i sistemnyiy analiz. –2009. – № 6. – S. 88-96.
13. Molchanov I.N., Mova V.I., Struchenko V.A. Znanieorientirovannye intellektual'nye rabochii stantsii Inparkom Инпарком // Iskusstvennyiy intellekt. – №1.– 2009. – S. 94-98.
14. ISPAR – „Intelligente Umgebung zur Untersuchung und Loesung wissenschaftlich-technischer Aufgaben auf Parallelrechnern" – 1996-1998, (registration number in Federal Ministry of education, science, investigations and technologies of Germany − ISPAR 01 IR 601/8).
15. ISKON – „Intelligente Software zur Untersuchung und Loesung von Aufgaben zur Analyse der Festigkeit von Konstruktionen" – 1999-2002, (registration number in Federal Ministry of education, science, investigations and technologies of Germany − ISKON 01 IR 905/3).

RESUME

I.N. Molchanov, A.N. Khimich, V.I. Mova, A.A. Nikolajchuk

Heterogeneous intelligent Inparcom workstation for the solving of scientific and engineering problems

A heterogeneous Inparcom workstation based on multicore and graphic processors is dealt with. The difference between intelligent workstation under consideration and traditional computers lies in the following:

– automatic investigation of characteristics of the computational mathematics' being solved;

– automatic creation of algorithms and programs for parallel computations based on this investigation;

– a choice of the number of processes required for the efficient solving of problems as well as the creation of required topology of the MIMD-computer's processors;

– the solving of problems with approximately given initial data;

– estimating of the reliability of the obtained computer results.

Advantageous of the intelligent parallel workstation:

– freeing of user from the necessity to investigate the problem and to create parallel algorithms and programs that reduces times required for the formulating and solving of problems in science and engineering;

– automatization of processes of the investigation of characteristics of computer problems and their solving;

– the supporting of the same style of user's work as an the traditional personal computer;

– the investigating and solving of problems with approximate initial data and ensuring of the reliability of computer solutions.

An experimental sample possesses high energy (800 Mflops / W, included in the first hundred computers in Green500.org) and low exploitational cost.

Characteristics of the intelligent parallel workstation:

– peak theoretical performance − 5 Tflops;

– volume of operating memory 96 Gb;

– volume of disk memory of nodes − from 4,0 Tb;

– volume of disk memory of storage − from 4,0 Tb;

– communication environment InfiniBand, Gigabit Ethernet;

– a system of interruption − free energy power;

– intelligent numerical software for the automatic investigation and solving of the computational mathematics' problems with approximate data.

Статья поступила в редакцию 03.04.2013.